

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

0151604  
J1000 U.S. PTO  
10/059153  
01/31/02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2001年 2月 1日

出願番号

Application Number:

特願2001-025734

出願人

Applicant(s):

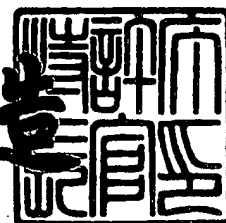
株式会社東芝

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年12月21日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3110922

【書類名】 特許願

【整理番号】 A000007353

【提出日】 平成13年 2月 1日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/127

【発明の名称】 磁気抵抗効果ヘッドおよび垂直磁気記録再生装置

【請求項の数】 8

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研  
究開発センター内

【氏名】 吉川 将寿

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研  
究開発センター内

【氏名】 上口 裕三

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研  
究開発センター内

【氏名】 高岸 雅幸

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研  
究開発センター内

【氏名】 湯浅 裕美

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

【識別番号】 100058479

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴江 武彦  
【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

【識別番号】 100068814

【弁理士】

【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【選任した代理人】

【識別番号】 100070437

【弁理士】

【氏名又は名称】 河井 将次

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気抵抗効果ヘッドおよび垂直磁気記録再生装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 媒体対向面に対して膜面が直交するように配置された、媒体からの信号磁界に応じてそれぞれ独立に磁化方向が変化する第 1 磁化自由層および第 2 磁化自由層ならびにこれらの磁化自由層の間に挟まれた中間層を含む磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に垂直に電流を通電するための第 1 電極および第 2 電極とを具備したことを特徴とする磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 2】 信号磁界に応じて互いに独立に磁化方向が変化する第 1 及び第 2 磁化自由層と、前記第 1 及び第 2 磁化自由層の間に形成された導電性非磁性層とを備えることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 3】 前記磁気抵抗効果膜は 1 対の磁気シールドの間に設置されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 4】 前記磁気抵抗効果膜は 1 対の磁気シールドの間に形成され、前記 1 つの磁気シールドはそれぞれ前記第 1 または第 2 電極と電気接続されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 5】 前記中間層は Be、Al、Mg、Ca、Cu、Au、Ag、Rh、Ru および Ir からなる群より選択される少なくとも 1 種の金属から形成されていることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果ヘッド

【請求項 6】 前記中間層は、それぞれ前記第 1 磁化自由層または第 2 磁化自由層と接する 1 対の第 1 中間層と、1 対の第 1 中間層に挟まれるように形成された第 2 中間層とを含む 3 層構造を有することを特徴とする請求項 4 記載の磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 7】 前記第 1 中間層は Cu、Au、Ag、Rh、Ru および Ir からなる群より選択される少なくとも 1 種の金属から形成され、前記第 2 中間層は Be、Al、Mg および Ca からなる群より選択される少なくとも 1 種の金属から形成されていることを特徴とする請求項 6 記載の磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 8】 垂直磁気記録媒体と、垂直磁気記録媒体に対向して設けられ

る請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果ヘッドとを具備したことを特徴とする垂直磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気抵抗効果ヘッドおよび垂直磁気記録再生装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

近年、HDDなどの磁気記録媒体においては、高記録密度化が急激に進んでいる。高記録密度化に伴って記録媒体に記録される記録ビットサイズが小さくなり、信号磁界も小さくなってきている。このような状況で、従来のリングコア型インダクティブ磁気ヘッドはリングコアを介して電磁誘導効果により媒体磁界を間接的に検出するため、小さな信号磁界に対して十分な感度を確保できなくなっている。このため近年、磁気抵抗効果を利用して媒体信号磁界を直接感知する磁気抵抗効果ヘッド（MRヘッド）が実用化されてきた。

【 0 0 0 3 】

現在では、磁化固着層（ピン層）／中間層（スペーサー層）／磁化自由層（フリー層）という積層膜を有し、さらに巨大な磁気抵抗効果を発生するスピンバルブ型MR（SV-MR）ヘッドが主流をなしている。このSV-MRヘッドはMRヘッドに比べて2倍以上の巨大磁気抵抗効果を発揮する。従来のSV-MRヘッドは、1対の磁気シールドの間に磁気ギャップを介してSV-MR膜を形成した構造を有する。また、従来のSV-MRヘッドは1対の電極からSV膜の面内にセンス電流を通電する、いわゆるCIP（Current-in-plane）-MRヘッドとして使用されてきた。

【 0 0 0 4 】

最近では、1対の電極からSV膜面に垂直にセンス電流を通電する、いわゆるCPP（Current-perpendicular-to-plane）-MRヘッドが提案されている。CPP通電することによりさらに磁気抵抗変化率（MR変化率）が向上するので、高いヘッド出力が期待できる。

## 【0005】

一方、面内磁気記録システムにおいては、熱擾乱のために記録密度の向上が限界に近づいている。このため、熱擾乱に強い垂直磁気記録システムが有望視され、垂直記録媒体とSV-MRヘッドとを組み合わせたシステムが提案されている。

## 【0006】

図9(a)および(b)は、垂直記録媒体に対して使用することを想定した、すでに提案されているSV-MRヘッドの構造を示す概略図である。図10(a)および(b)は、それぞれ図9(a)および(b)のSV-MRヘッドにより得られる出力波形を示す図である。

## 【0007】

これらのシステムにおいては、出力波形および磁気シールド間の狭ギャップ化が問題となる。すなわち、従来の面内磁気記録システムと同様に、磁化転移においてピークを有する出力波形が得られることが好ましい。また、将来の高記録密度化に対応するためには、磁気シールド間に設けられるSV膜の膜厚が薄く、狭ギャップ化を達成できることが好ましい。

## 【0008】

## 【発明が解決しようとする課題】

図9(a)は垂直磁気記録システムにシングルSV-MRヘッドを適用したものである。図9(a)において、垂直記録層1に対向するように、1つのSV-MR膜10が設けられている。SV-MR膜10は、反強磁性層11/ピン層12/スペーサー層13/フリー層14を積層した基本構造を有する。SV-MR膜10は、1対の磁気シールド15、16間に配置されている。

## 【0009】

このシステムでは、図10(a)に示されるように、記録ビットに対応して単調に変化する出力波形が得られる。この場合、従来の面内磁気記録システムと同様に磁化転移でピークを有する出力波形を得るためには、再生信号処理部に微分回路を追加しなければならない。しかし、微分回路はノイズを増大させるおそれがある。また、従来のSV-MRヘッドは厚い反強磁性層11を有するため、将

来の高記録密度化に対応して狭ギャップ化することが困難であるという問題があった。

#### 【0010】

図9（b）は垂直磁気記録システムにデュアル・ストライプSV-MRヘッドを適用したものである。図9（b）において、垂直記録層1に対向するように、1対のSV-MR膜10が設けられている。各SV-MR膜10は、図9（a）と同様な基本構造を有する。1対のSV-MR膜10は、1対の磁気シールド15、16間に配置されている。

#### 【0011】

このシステムでは、2つのSV-MR膜を差動動作させて、図10（b）に示されるように従来の面内磁気記録システムで得られるのと同様な出力波形を得るようにしている。しかし、この構造においては、磁気ギャップ中に2つのSV-MR膜が形成されるため、やはり将来の高記録密度化に対応できないという問題があった。

#### 【0012】

本発明の目的は、高記録密度化に対応して狭ギャップ化が可能な磁気抵抗効果ヘッド、およびこのようなヘッドを搭載した垂直磁気記録再生装置を提供することにある。

#### 【0013】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の磁気抵抗効果ヘッドは、媒体対向面に対して膜面が直交するように配置された、媒体からの信号磁界に応じてそれぞれ独立に磁化方向が変化する第1磁化自由層および第2磁化自由層ならびにこれらの磁化自由層の間に挟まれた中間層を含む磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に垂直に電流を通電するための第1電極および第2電極とを具備したことを特徴とする。

#### 【0014】

本発明のヘッドは反強磁性層および磁化固着層（ピン層）を用いないので、従来のSV-MR膜に比べて狭ギャップ化が容易であり、高記録密度化に対応できる。また、本発明のヘッドは1対の磁化自由層（フリー層）で磁気回路を形成し



て中間層（スペーサ層）の厚さによって線分解能を決定する磁気ギャップを規定できるので、シールドを省略することもできる。

## 【0015】

フリー層の強磁性層は強磁性材料、例えばCo、Fe、Niからなる金属層またはそれらの合金層を含有する。一般的にはCo層、CoFe合金層、CoFeNi合金層が選択される。

## 【0016】

フリー層内でスピン依存散乱の効果を出すために、第1フリー層および第2フリー層を強磁性層／強磁性層の積層構造、強磁性層／非磁性層の積層構造、またはこれらの複合構造を用いてもよい。

## 【0017】

強磁性層／強磁性層の積層フリー層には、NiFe合金層／CoFe合金層、Fe層／NiFe合金層、Fe層／CoFe合金層などの組み合わせが用いられる。

## 【0018】

強磁性層／非磁性層の積層フリー層の場合、非磁性層には、Au、Ag、Cu、Ir、Ru、Rh、Pd、Ptなどの貴金属が選択される。強磁性層／非磁性層界面での散乱が増大する強磁性層／非磁性層の組み合わせとしては、NiFe／Au、NiFe／Ag、CoFe／Cu、Co／Cu、Fe／Au、Ni／Auなどが挙げられる。

## 【0019】

また、磁性層／Ru／磁性層とからなるフェリカップリング・フリー層（シンセティック・フリー層）を用い、 $M_s \cdot t$  積（飽和磁化・厚み積）を調整してもよい。

## 【0020】

本発明においては、第1磁化自由層、中間層および第2磁化自由層を含む磁気抵抗効果膜を挟むように形成された下部層と上部層とを設けてもよい。上部層および下部層としては、フリー層の軟磁気特性を向上させる軟磁性下地層、フリー層の結晶配向性を向上させる配向性制御層、電子の鏡面反射効果を利用するため

の鏡面反射層（スペキュラー層）が用いられる。軟磁性下地層には、NiFe合金などが含まれる。配向性制御層には、Ru/Cu、Au/Cu、Cu、NiFeCr合金などが含まれる。軟磁性下地層及び配向制御層の具体的材料は、米国特許5,549,978に undercoating film の材料として開示されているものを用いることも可能である。スペキュラー層には、 $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>などのFe酸化物、Ta酸化物、Ni酸化物、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>やCrO<sub>2</sub>などのCr酸化物、Mn酸化物などが含まれる。

## 【0021】

本発明においては、磁気抵抗効果膜を1対の磁気シールドの間に設置することが好ましい。上述したように本発明においては、磁気シールドを省略することもできるが、磁気抵抗効果膜を1対の磁気シールドの間に設置すれば、出力ピーク半値幅（PW<sub>50</sub>）を小さく抑えることができ、さらに良好な線分解能を得ることができる。

## 【0022】

この場合、1対の磁気シールドをそれぞれ第1電極または第2電極と電気的に接続することが好ましい。このような構成では、電極およびシールドを一体的に電極として取り扱うことができ、電極部を低抵抗化してCPP-MR膜への熱の影響を低減できる。

## 【0023】

本発明においては、前記中間層は非磁性材料、例えばBe、Al、Mg、Ca、Cu、Au、Ag、Rh、RuおよびIrからなる群より選択される金属層で形成することが好ましい。これらの材料を用いれば、約50nm以上の十分長いスピン拡散長を得ることができる。

## 【0024】

本発明においては、中間層を、それぞれ第1磁化自由層または第2磁化自由層と接する1対の第1中間層と、1対の第1中間層に挟まれるように形成された第2中間層とを含む3層構造としてもよい。

## 【0025】

この場合、第1中間層をCu、Au、Ag、Rh、RuおよびIrからなる群

より選択される少なくとも1種の金属で形成し、第2中間層をBe、Al、MgおよびCaからなる群より選択される少なくとも1種の金属で形成することが好ましい。

## 【0026】

本発明の垂直磁気記録再生装置は、垂直磁気記録媒体と、垂直磁気記録媒体に対向して設けられる磁気抵抗効果ヘッドとを具備したことを特徴とする。

## 【0027】

## 【発明の実施の形態】

本発明の実施形態を図面を参照して詳細に説明する。

## 【0028】

## (第1の実施形態)

図1は本発明の第1の実施形態における垂直通電型磁気抵抗効果(CPP-MR)ヘッドのトラック長方向(x方向)に沿う断面図である。このCPP-MRヘッドは、垂直磁気記録システムに使用される。

## 【0029】

図1(a)に示されるように、CPP-MRヘッドは、下部磁気シールド21、第1電極22、第1磁化自由層(第1フリー層)23、非磁性中間層(スペーサ層)24、第2磁化自由層(第2フリー層)25、第2電極26、および上部磁気シールド27を順次積層した構造を有する。

## 【0030】

CPP-MR膜は、第1フリー層23と第2フリー層25、およびそれらに挟まれるスペーサ層24から構成される。これらの膜面は媒体対向面(ABS: air bearing surface)に直交している。第1フリー層および第2フリー層は、磁気記録媒体に記録されている媒体信号磁界に従って磁化が自由に応答する。後述するように、第1フリー層23と第2フリー層25の磁化方向のなす角度により磁気抵抗変化が発生し、媒体信号磁界を読み取ることができる。

## 【0031】

第1電極22、第1フリー層23、スペーサ層24、第2フリー層25、および第2電極26のABSからz方向に離れた位置には絶縁膜28が設けられてい

る。CPP-MR膜には第1電極22と第2電極26により膜面に垂直に電流が流される。これらの電極の材料には、主にCu、Au、Ag、Taから選択される金属または合金が用いられる。本発明のCPP-MRヘッドでは、磁気シールドの有無に関わらず良好な線分解能が得られるので、必ずしも磁気シールドを設ける必要はない。しかし、磁気シールド21、27を設けた方が、線分解能をより向上できるので好ましい。

## 【0032】

図1(b)は、図1(a)に示すCPP-MRヘッドのABSから見たトラック幅方向(y方向)に沿うCPP-MR膜部分を示す平面図である。第1フリー層23、スペーサー層24および第2フリー層25からなるCPP-MR膜は、1対のハードバイアス膜(ハード膜)29、30の間に設置されている。第1フリー層23および第2フリー層25は、ハード膜29、30により一方向に磁気異方性が付与されている。

## 【0033】

図1(c)は他のCPP-MR膜に関するトラック長方向に沿う断面図である。第1フリー層23および第2フリー層25の外側には、それぞれ下部層31と上部層32が形成されている。下部層31および上部層32としては、上述したように軟磁性下地層、配向性制御層、スペキュラー層などが用いられる。

## 【0034】

本発明のCPP-MRヘッドの出力機構について説明する。図2(a)～(c)は、媒体信号磁界に対する磁気抵抗効果膜の磁化方向を説明するための模式図であり、MR膜の第1フリー層23、スペーサー層24、第2フリー層25のトラック長方向断面と、垂直記録層1のトラック長方向断面を示す。図2(a)～(c)には媒体と本実施形態のMR膜との相対的位置関係に応じた、媒体中の記録磁化の方向とMR膜の第1フリー層と第2フリー層の磁化方向を示している。図2(a)はヘッドがアップ磁化状態が続く領域を走行する場合、図2(b)はヘッドがアップ磁化状態とダウン磁化状態との遷移領域を走行する場合、図2(c)はヘッドがダウン磁化状態が続く領域を走行する場合を示している。

## 【0035】

図 2 (a) に示されるように、媒体中でアップ磁化状態が続いているときには、第 1 フリー層および第 2 フリー層の磁化はともにアップ方向に向く。従って、第 1 および第 2 のフリー層の磁化方向は互いに平行になる。図 2 (b) に示されるように、媒体磁化の遷移領域においては、リーディング側の第 1 フリー層の磁化がダウン方向に変化し、トレーリング側の第 2 フリー層の磁化はアップ方向のまま変化しない。従って、第 1 および第 2 のフリー層の磁化方向は互いに反平行になる。図 2 (c) に示されるように、媒体中でダウン磁化状態が続いているときには、第 1 フリー層および第 2 フリー層の磁化はともにダウン方向に向く。従って、第 1 および第 2 のフリー層の磁化方向は互いに平行になる。

【 0 0 3 6 】

図 3 に本実施形態の CPP-MR ヘッドの出力波形 ( $\Delta V = I \cdot \Delta \rho$ ) を模式的に示す。図 3 中の (a)、(b) および (c) で示される出力値は、それぞれ図 2 (a)、(b) および (c) の状態に対応している。

【 0 0 3 7 】

図 3 に示される出力波形は、従来の MR ヘッドを用いた面内磁気記録システムで得られるものとほぼ同じである。従って、磁気記録再生システムにおける再生信号処理部の回路およびシステムを変更することなく、信号磁化を感知することが可能である。

【 0 0 3 8 】

図 4 は図 3 に示した出力波形が得られる原理を説明するための図である。この図は図 2 (b) に対応しており、第 1 フリー層の磁化と第 2 フリー層の磁化は角度  $\theta$  をなしている。

【 0 0 3 9 】

ここで、第 1 フリー層と第 2 フリー層の磁化方向が平行であるときの磁気抵抗効果膜の電気抵抗を  $\rho_P$ 、反平行であるときの電気抵抗を  $\rho_{AP}$ 、最大抵抗変化量を  $\Delta \rho_{\max}$  とする。このとき、抵抗変化  $\Delta \rho$  は磁化方向がなす図 4 の角度  $\theta$  を用いて、次式で表される。

【 0 0 4 0 】

$$\Delta \rho = \Delta \rho_{\max} \cdot \cos(\theta/2) = (\rho_{AP} - \rho_P) \cdot \cos(\theta/2) \quad (1)$$

なお、 $\Delta \rho$  はMR変化率： $MR = (\rho_{AP} - \rho_P) / \rho_P$ を用いて、 $\Delta \rho = \rho_P \cdot MR$ によって表すこともできる。

【0041】

従って、出力変化 $\Delta V$ は次式で表される。

【0042】

$$\Delta V = I \cdot \Delta \rho = I \cdot (\rho_{AP} - \rho_P) \cdot \cos(\theta/2) \quad (2)$$

従って、第1及び第2フリー層の磁化の動きのみによって $\Delta V$ が得られる。しかし、実際にはフリー層の磁化の動きは媒体信号磁界の分布にも依存する。

【0043】

CPP-MRヘッドを設計する場合、媒体膜の保磁力( $H_c$ )、媒体上の遷移長(TL)、磁気的な媒体とヘッド間の距離(MS)、パルスの半値幅( $PW_{50}$ 、図6に図示されている)、スペーサ層の厚さ( $t_{\text{spacer}}$ )の設定が重要となる。

【0044】

スペーサ層の厚さはスペーサ層内でのスピン拡散長によって決定される。スペーサ層の厚さが厚くなると出力パルス幅が広がるため望ましくない。逆に、スペーサ層の厚さが薄くなるとMRヘッドの磁束吸い込み効率が低下する。磁束吸い込み効率を向上するためには、CPP-MR膜のディメンションを適切に設定する必要がある。

【0045】

ここで、CPP-MR素子のデプス(奥行)をD(図5(a)に図示されている)、磁束の減衰長をFD、フリー層の厚さを $t_{\text{free1}} = t_{\text{free2}} = t_f$ 、フリー層の透磁率を $\mu$ 、スペーサ層の厚さを $t_{\text{spacer}}$ とする。このとき、シールドなしの場合の減衰長は、次式で与えられる。

【0046】

【数1】

$$FD = \sqrt{\frac{\mu \cdot t_f \cdot t_{\text{spacer}}}{2}} \quad (3)$$

【0047】

我々の研究によれば、スペーサ層の厚さは2 nm以上50 nm以下、さらに5 nm以上30 nm以下であることが好ましいことがわかっている。スペーサ層の厚さが2 nm未満であると、磁束吸い込み効率が低下し、出力が低下する。スペーサ層の厚さが50 nmより大きいと、MR変化率が低下する。

【0048】

スペーサ層の厚さは、式(3)より次式で与えられる。

【0049】

【数2】

$$t_{\text{spacer}} = \frac{2 \cdot FD^2}{\mu \cdot tf} \quad (4)$$

【0050】

従って、式(4)の右辺が下記の関係を満たすことが望ましい。

【0051】

【数3】

$$2(\text{nm}) \leq \frac{2 \cdot FD^2}{\mu \cdot tf} \leq 50(\text{nm}) \quad (5)$$

【0052】

100 Gbps以上の記録密度の場合、 $\mu = 100$ 、 $tf = 2 \text{ nm} \sim 10 \text{ nm}$ となるので、減衰長FDは $14 (\text{nm}) \leq FD \leq 160 (\text{nm})$ となる。

【0053】

磁束効率を向上させるためには、MR膜のデプスDは減衰長FDよりも大きいことが好ましく、 $D \geq FD$ の条件を満たすことが好ましい。この場合、フリー層のデプスのみを長くしてもよい。また、MR膜のデプスDを長くするのではなく、図5(b)に図示したようにMR膜後部に後部フラックスガイドを設けることによってもMR膜のデプスDを長くした場合と同様に実効的に磁束効率を向上する効果が得られる。この場合、後部フラックスガイド長さをGDとすると、 $D + GD \geq FD$ の条件を満たすことが好ましい。従って、100 Gbps以上の記録密度では、 $D \geq 160 \text{ nm}$ または $D + GD \geq 160 \text{ nm}$ であることが好ましい。

## 【0054】

次に、図5(a)に示されるCPP-MRヘッドを用いた場合の出力を具体的に見積もった例を説明する。

## 【0055】

CPP-MR膜については、第1および第2のフリー層23、25にNiFe/CoFe、スペーサー層24にCuを用い、フリー層の厚さ $t_{\text{free1}} = t_{\text{free2}} = 5 \text{ nm}$ 、スペーサー層の厚さ $t_{\text{spacer}} = 20 \text{ nm}$ 、デプス $D = 100 \text{ nm}$ 、トラック幅方向の長さ $L = 100 \text{ nm}$ とした。ハードバイアス膜29、30（一方に磁化が固着されている）にはCoCrPt膜を用い、ハードバイアス膜の厚さ $t_{\text{bias}} = 40 \text{ nm}$ 、残留磁化 $M_{\text{r bias}} = 500 \text{ emu/cc}$ とした。媒体は垂直記録層1と軟磁性裏打ち層2の積層構造であり、記録層の厚さ $t_{\text{record}} = 10 \text{ nm}$ 、残留磁化 $M_{\text{r record}} = 400 \text{ emu/cc}$ 、裏打ち層の厚さ $t_{\text{soft}} = 10 \text{ nm}$ とした。ビット間の磁化の遷移は $\tanh$ 型で仮定し、遷移長 $TL = 10 \text{ nm}$ とした。CPP-MRヘッドと媒体の磁氣的スペーシング $MS = 10 \text{ nm}$ とした。

## 【0056】

図6に上記の条件で得られる出力波形を示す。図6において、(a)はシールドなし、(b)はシールドあり（シールド間隔：70 nm）、(c)はシールドあり（シールド間隔：50 nm）である。図6に示されるように、シールド間隔が狭くなるにつれて、出力の半値幅である $PW_{50}$ は小さくなる。なお、シールド間隔が狭くなるにつれて、出力のピーク値も低下するが問題ない程度である。

## 【0057】

## (第2の実施形態)

図7には本実施形態のCPP-MRヘッドに用いられるCPP-MR膜の基本構成をトラック長方向に沿う断面を例に示している。図7のCPP-MR膜は、図1(c)と同様に、下部層31、第1フリー層23、スペーサー層24、第2フリー層25、上部層32が積層されているが、スペーサー層24がそれぞれ第1フリー層23または第2フリー層と接する1対の第1スペーサー層24aと、1対の第1スペーサー層24aに挟まれるように形成された第2スペーサー層24bとを



含む3層構造になっている。

【0058】

上述したようにスペーサー層の膜厚は本発明のCPP-MRヘッドを設計する上で非常に重要である。従って、設計の自由度を増すためにも、スペーサー層にはスピン拡散長を十分に長く設定できるような材料を選ぶ必要がある。

【0059】

スピン拡散長が長い材料としてはAl、Mg、Be、Caのような原子量の小さい元素からなる金属またはそれらを含むような合金が挙げられる。Al、Mg、Be、Caのスピン拡散長は、室温で約200nm程度である。従って、スペーサー層の一部にAlまたはMg層を用いることが適当である。また、電気伝導率の低いCu、Au、Ag、Rh、Ru、Irなどの材料もスピン拡散長が長く、スペーサー層の材料として好ましい。我々の研究の結果、これらの材料ではスピン拡散長が50nm以上あると考えられる。

【0060】

特に好ましい積層構造として、第1フリー層／第1スペーサー層（Au、Cu、Ag、Rh、Ir、Ru）／第2スペーサー層（Al、Mg、Be、Ca）／第1スペーサー層（Au、Cu、Ag、Rh、Ir、Ru）／第2フリー層の3層構造が挙げられる。

【0061】

この積層構造では、Al、Mg、Be、Caから選択される金属層からなる第2スペーサー層によりスピン拡散長を調整し、第1フリー層または第2フリー層と接するAu、Cu、Ag、Rh、Ir、Ruから選択される金属層からなる第1スペーサー層により界面におけるスピン依存散乱の効果を与える。

【0062】

第1スペーサー層の膜厚はスピン拡散長をできるだけ伸ばすために10nm以下であることが好ましい。第2スペーサー層の膜厚はスピン拡散長よりも短くなければならないので、200nm以下であることが好ましい。

【0063】

また、フリー層中のスピン拡散長も考慮すると、CPP-MR膜のフリー層と

スペーサー層の膜厚の合計は、第2スペーサー層のスピン拡散長の50%以下であることが好ましい。ここで、フリー層の膜厚とはスピン依存散乱に寄与する部分の膜厚を意味する。すなわち、単純フリー層の場合には全膜厚、シンセティックフリー層の場合にはRu層の膜厚とスペーサー層側の磁性層の膜厚の合計膜厚のことを指す。

## 【0064】

次に、本発明に係るCPP-MRヘッドを搭載した磁気ヘッドアセンブリ、およびこの磁気ヘッドアセンブリを搭載した磁気ディスク装置について説明する。

## 【0065】

図8(a)はCPP-MRヘッドを搭載した磁気ヘッドアセンブリの斜視図である。アクチュエータアーム201は、磁気ディスク装置内の固定軸に固定されるための穴が設けられ、図示しない駆動コイルを保持するボビン部等を有する。アクチュエータアーム201の一端にはサスペンション202が固定されている。サスペンション202の先端にはCPP-MRヘッドを搭載したヘッドスライダ203が取り付けられている。また、サスペンション202には信号の書き込みおよび読み取り用のリード線204が配線され、このリード線204の一端はヘッドスライダ203に組み込まれたCPP-MRヘッドの各電極に接続され、リード線204の他端は電極パッド205に接続されている。

## 【0066】

図8(b)は図8(a)に示す磁気ヘッドアセンブリを搭載した磁気ディスク装置の内部構造を示す斜視図である。磁気ディスク211はスピンドル212に装着され、図示しない駆動装置制御部からの制御信号に応答する図示しないモータにより回転する。アクチュエータアーム201は固定軸213に固定され、サスペンション202およびその先端のヘッドスライダ203を支持している。磁気ディスク211が回転すると、ヘッドスライダ203の媒体対向面は磁気ディスク211の表面から所定量浮上した状態で保持され、情報の記録再生を行う。アクチュエータアーム201の基端にはリニアモータの1種であるボイスコイルモータ214が設けられている。ボイスコイルモータ214はアクチュエータアーム201のボビン部に巻き上げられた図示しない駆動コイルとこのコイルを挟

み込むように対向して配置された永久磁石および対向ヨークからなる磁気回路とから構成される。アクチュエータアーム201は固定軸213の上下2個所に設けられた図示しないボールベアリングによって保持され、ボイスコイルモータ214により回転撓動が自在にできるようになっている。

【0067】

【発明の効果】

以上で説明したように本発明によれば、狭ギャップ化が可能になり、高記録密度化に対応できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

第1の実施形態における垂直通電型磁気抵抗効果（CPP-MR）ヘッドのトラック方向に沿う断面図、ABSから見たトラック幅方向に沿う平面図、およびCPP-MR膜の断面図。

【図2】

第1の実施形態におけるCPP-MRヘッドについて媒体信号磁界に対する磁気抵抗効果膜の磁化方向を説明するための模式図。

【図3】

第1の実施形態におけるCPP-MRヘッドの出力波形を模式的に示す図。

【図4】

図3に示した出力波形が得られる原理を説明するための図。

【図5】

(a)は第1の実施形態におけるCPP-MRヘッドおよび記録媒体のパラメータを示す図、(b)は第1の実施形態におけるCPP-MRヘッドに後部フラックスガイドを設けた状態を示す図。

【図6】

図5(a)の条件で得られる出力波形を示す図。

【図7】

第2の実施形態におけるCPP-MR膜の断面図。

【図8】

本発明に係るC P P - M Rヘッドを搭載した磁気ヘッドアセンブリの斜視図、および磁気ディスク装置の内部構造を示す斜視図。

【図 9】

従来のS V - M Rヘッドの構造を示す概略図。

【図 1 0】

従来のS V - M Rヘッドにより得られる出力波形を示す図。

【符号の説明】

- 1 … 垂直記録層
- 2 … 軟磁性裏打ち層
- 1 0 … S V - M R膜
- 1 1 … 反強磁性層
- 1 2 … ピン層
- 1 3 … スペース層
- 1 4 … フリー層
- 1 5、1 6 … 磁気シールド
- 2 1 … 下部磁気シールド
- 2 2 … 第 1 電極
- 2 3 … 第 1 磁化自由層（第 1 フリー層）
- 2 4 … 非磁性中間層（スペース層）
- 2 5 … 第 2 磁化自由層（第 2 フリー層）
- 2 6 … 第 2 電極
- 2 7 … 上部磁気シールド
- 2 8 … 絶縁膜
- 2 9、3 0 … ハードバイアス膜（ハード膜）
- 3 1 … 下部層
- 3 2 … 上部層
- 2 0 1 … アクチュエータアーム
- 2 0 2 … サスペンション
- 2 0 3 … ヘッドスライダ

2 0 4 … リード線

2 0 5 … 電極パッド

2 1 1 … 磁気ディスク

2 1 2 … スピンドル

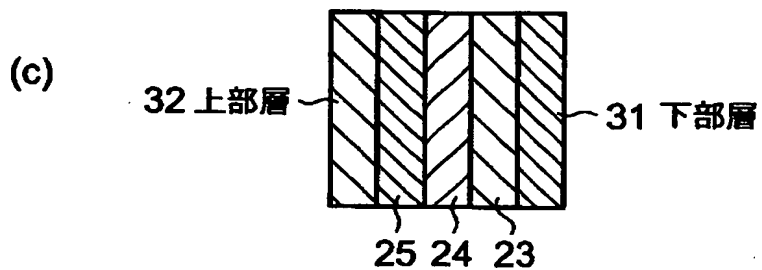
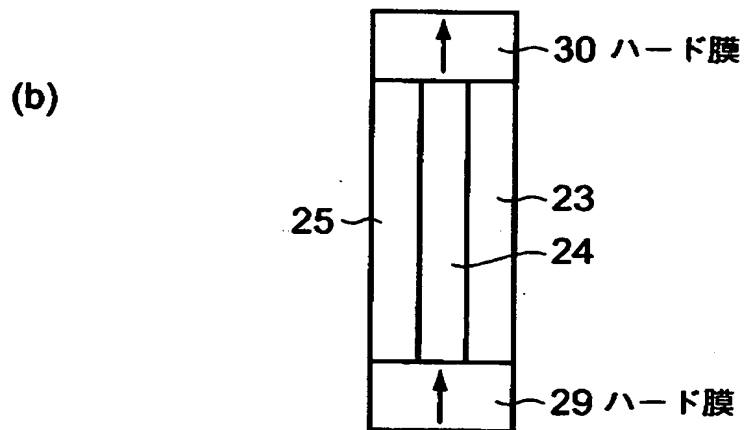
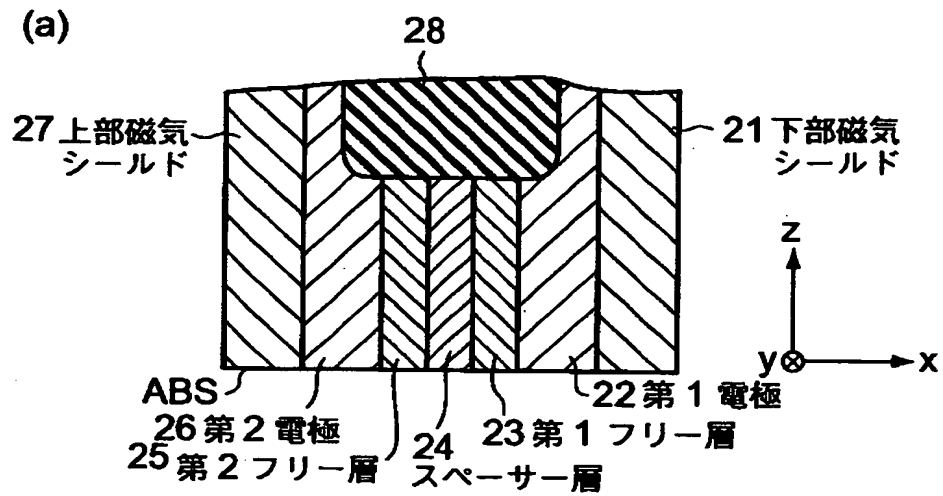
2 1 3 … 固定軸

2 1 4 … ボイスコイルモータ

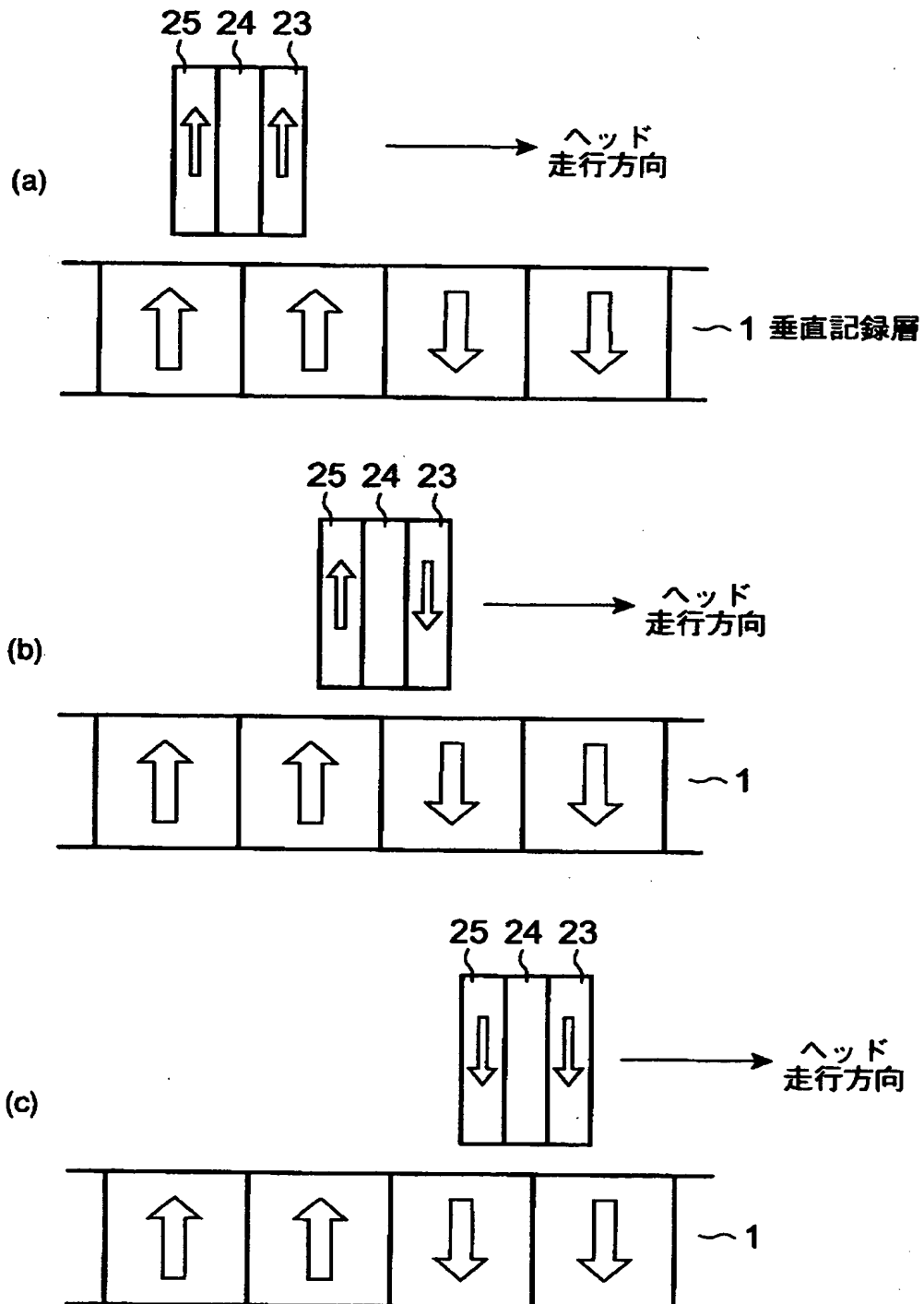
【書類名】

図面

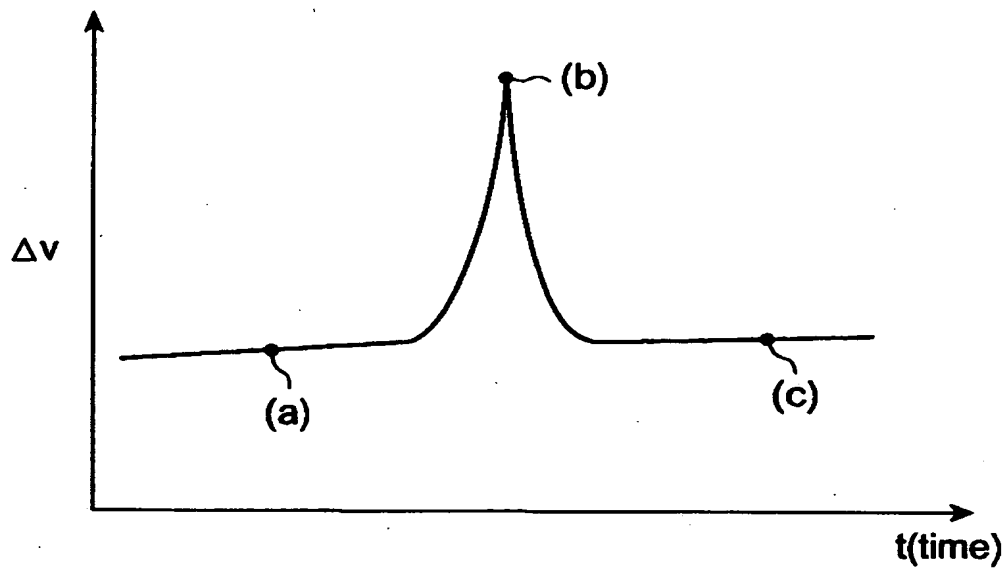
【図1】



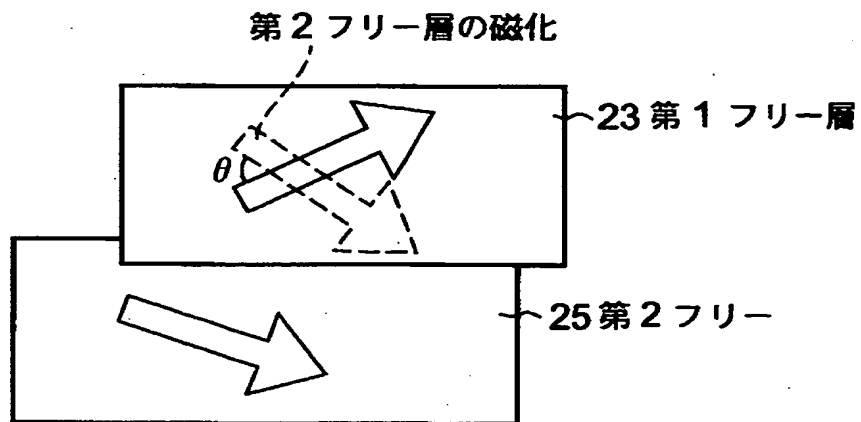
【図 2】



【図3】

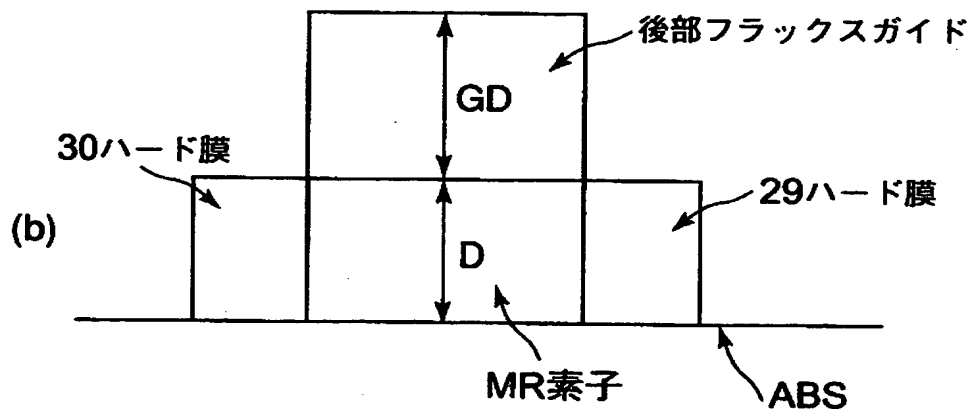
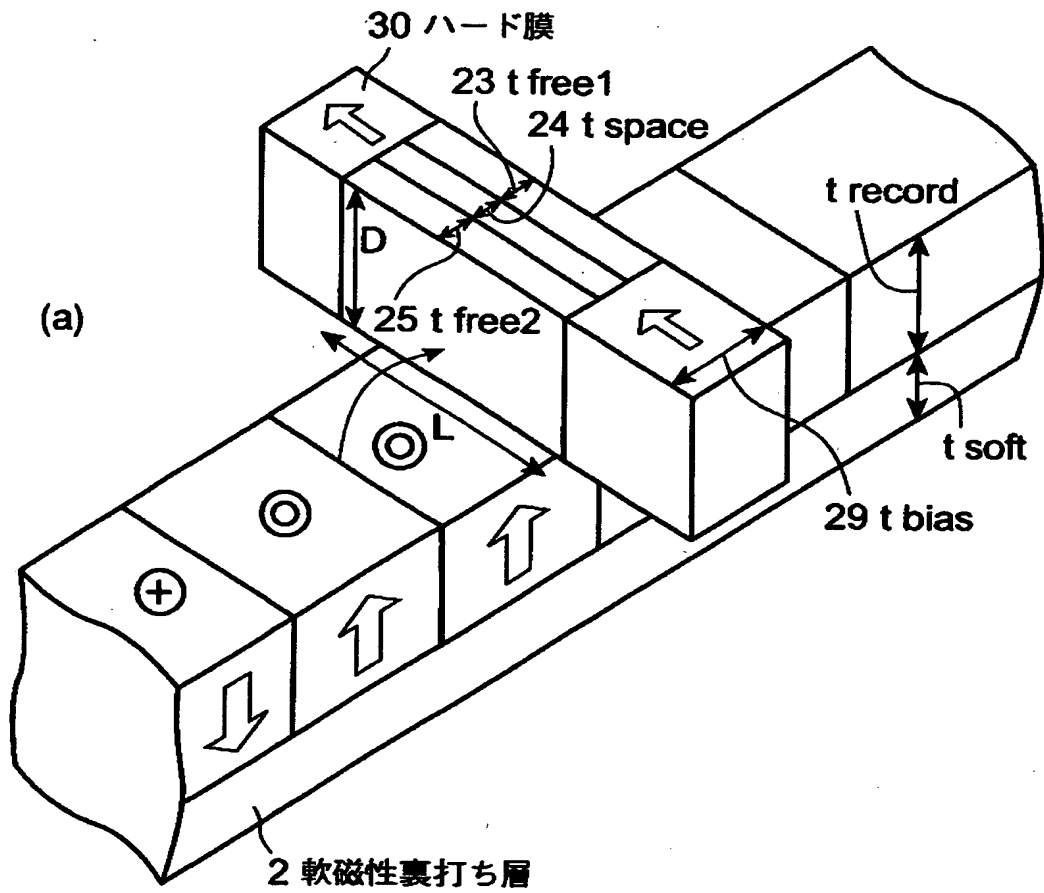


【図4】

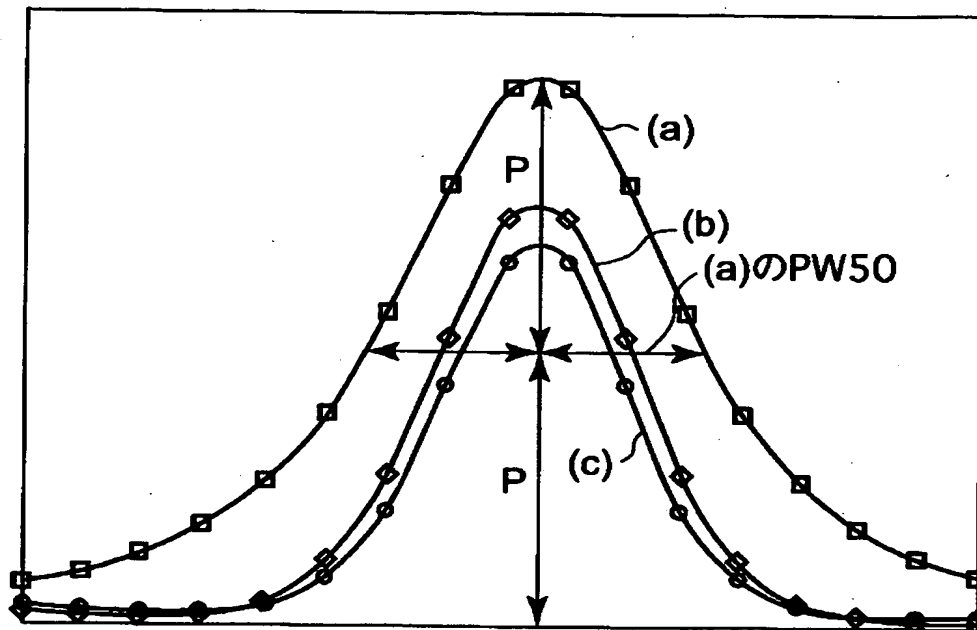




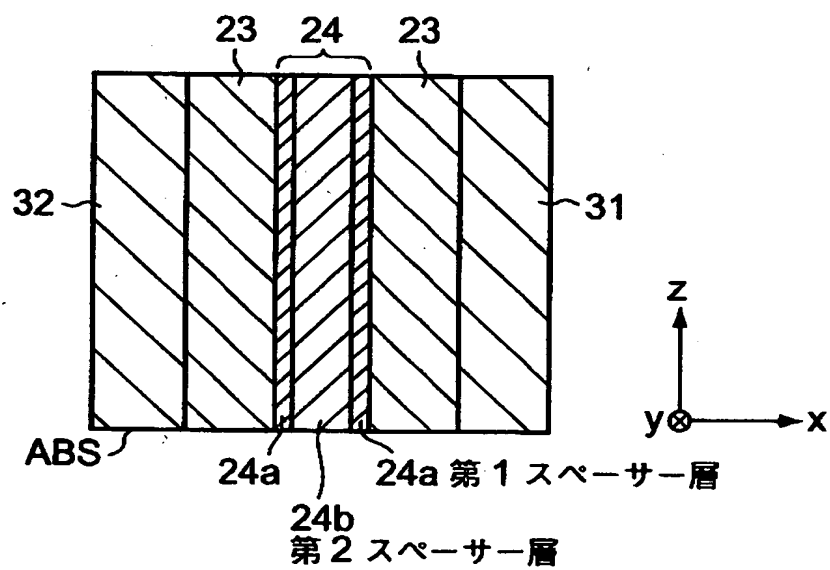
【図5】



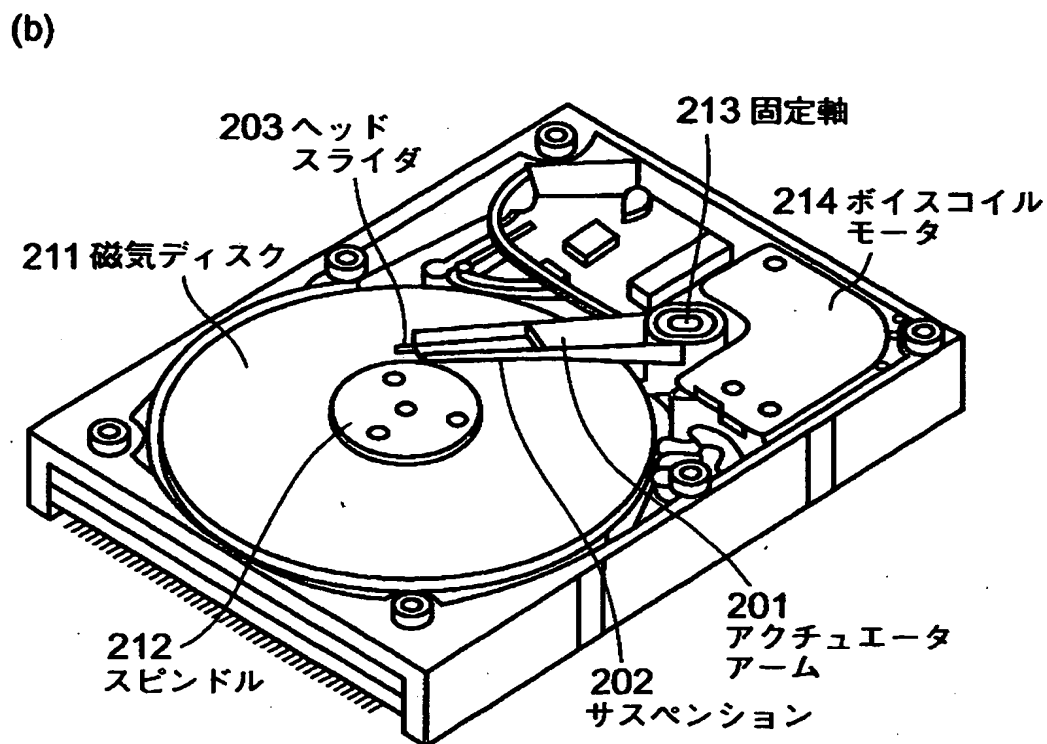
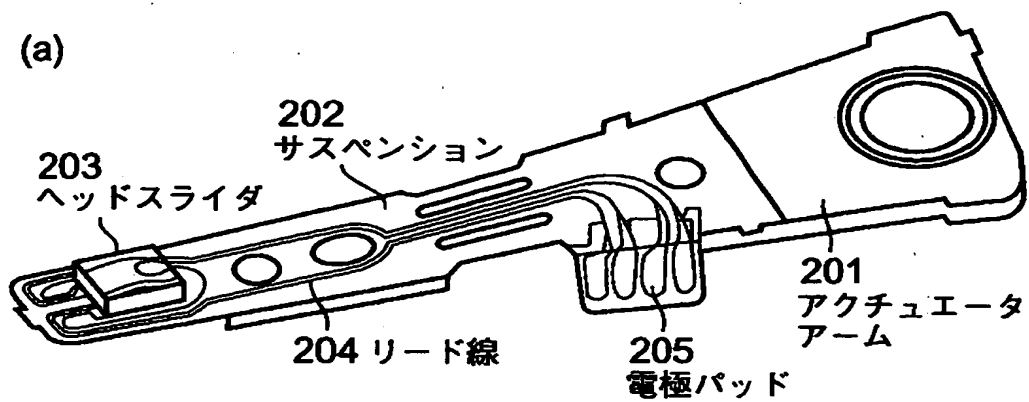
【図6】



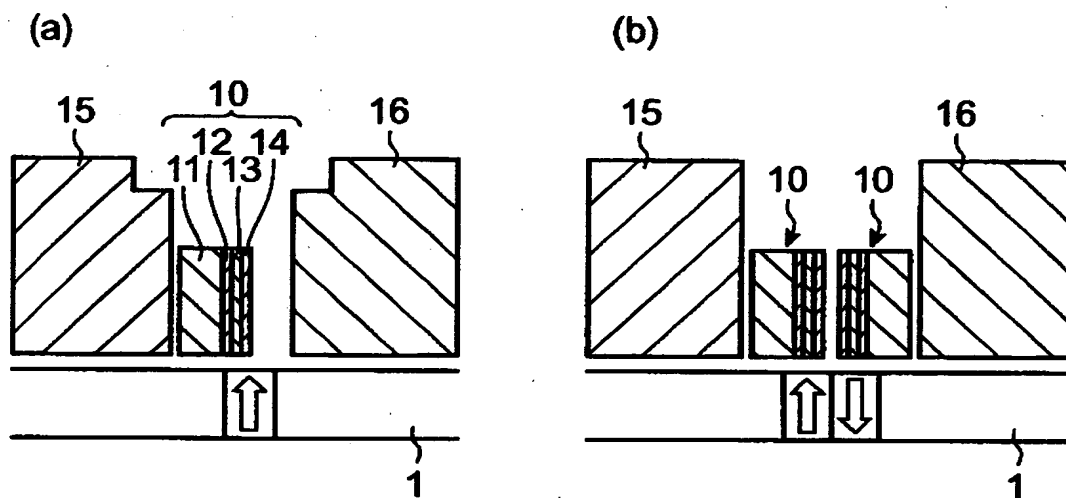
【図7】



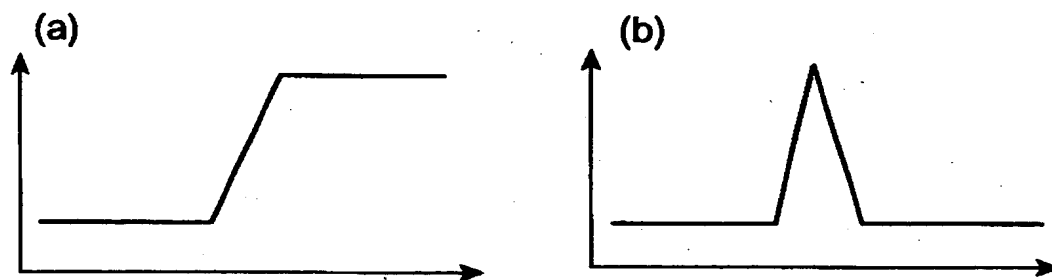
【図 8】



【図9】



【図10】



【書類名】                      要約書

【要約】

【課題】    高記録密度化に対応して狭ギャップ化が可能な磁気抵抗効果ヘッドを提供する。

【解決手段】    垂直磁気記録媒体の表面に対して膜面が直交するように配置された、媒体からの信号磁界に応じてそれぞれ独立に磁化方向が変化する第1磁化自由層（23）および第2磁化自由層（25）ならびにこれらの磁化自由層の間に挟まれた中間層（24）を含む磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜の膜面に垂直に電流を通電するための第1電極（22）および第2電極（26）とを具備した磁気抵抗効果ヘッド。

【選択図】        図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日 1990年 8月22日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地  
氏 名 株式会社東芝
2. 変更年月日 2001年 7月 2日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
氏 名 株式会社東芝